

Б. А. РУБИН, Е. В. АРЦИХОВСКАЯ и Т. М. ИВАНОВА

**УЧАСТИЕ РАЗЛИЧНЫХ ГРУПП ОКСИДАЗ В ЗАЩИТНЫХ
РЕАКЦИЯХ ЦИТРУСОВЫХ ПЛОДОВ**

(Представлено академиком А. И. Опарином 23 II 1950)

В ряде работ нашей лаборатории показано, что в период созревания плодов имеет место резкое увеличение доли участия оксидаз, регулирующих так называемое остаточное дыхание (1, 2). Учитывая важную роль окислительных процессов в защитных функциях растений, представлялось необходимым выяснить, связана ли означенная перестройка с изменениями характера реагирования окислительной системы на механическое повреждение ткани и внедрение токсина на различных этапах онтогенеза плодов.

В настоящей статье излагаются полученные по этому вопросу материалы.

Объектом наблюдения служили плоды двух сортов лимона: Новогрузинский и Мейер. Первый из них отличается высокой устойчивостью в период хранения, тогда как второй малолежкий. Опыты проводились на кожуре, которая не разделялась на составляющие ее слои — альбено и флавено. Наблюдения над дыханием осуществлялись в приборе Варбурга.

В первой серии опытов изучались изменения интенсивности различных категорий дыхания, возникающих в кожуре в ответ на разрезание ткани и активную аэрацию.

На рис. 1 представлены полученные нами данные, показывающие разницу в поглощении кислорода тканями кожуры через 24 часа после ее разрезания и аэрации по сравнению с поглощением кислорода исходными пробами.

Из представленных на рисунке кривых видно, что характер реакции дыхательной системы кожуры на поранение и аэрацию претерпевает

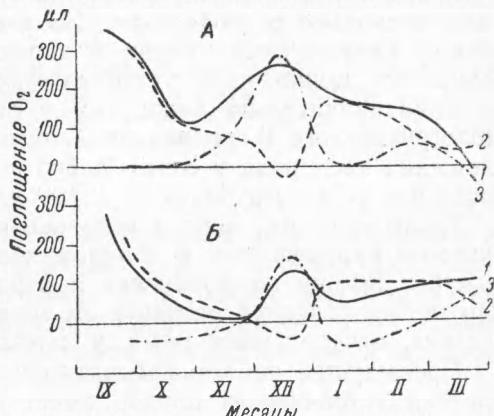


Рис. 1. Изменение дыхания кожуры лимона в результате разрезания ткани и аэрации (разница между дыханием проб через 24 часа после разрезания и дыханием исходных проб). А — лимон Новогрузинский, Б — лимон Мейер. 1 — общее дыхание, 2 — остаточное дыхание, 3 — дыхание, подавляемое 0,01 M KCN

в период роста, созревания и последующего хранения плодов весьма существенные изменения.

Начиная с сентября кривая, отображающая усиление общего дыхания, испытывает плавное падение. Способность тканей кожуры активировать дыхание под влиянием поранения и аэрации по мере развития плодов становится все менее сильной. Однако при приближении плодов к состоянию полной зрелости реакция окислительной системы на поранение вновь значительно активируется. Кривая держится на высоком уровне в течение 1—1,5 мес. и затем плавно падает.

Приуроченное к периоду созревания плодов повышение реакционной способности окислительной системы кожуры носит не только количественный характер. Весьма существенные изменения претерпевает в этот период и «качество» дыхательной реакции кожуры. Из кривых видно, что в период роста плодов, а также во время их хранения повышение интенсивности дыхания кожуры под влиянием разрезания и аэрации достигается почти исключительно за счет так называемого остаточного дыхания, за счет активирования деятельности ферментов, устойчивых к действию циана.

Оксидазы — Fe, Cu-протеиды, подавляемые цианом, в это время под влиянием аэрации и поранения не активируют своей деятельности. Единственным исключением из этой общей закономерности является период созревания плодов, приходящийся на ноябрь—декабрь. В этот период разрезание кожуры приводит к бурному активированию деятельности оксидаз, неустойчивых к циану. Характерно, что обычно активируемые при разрезании оксидазы флавопротеинового комплекса в период созревания не только не усиливают своей деятельности, но даже несколько ее подавляют. Из рис. 1 видно, что у обоих сортов лимона кривые имеют сходный характер, однако у сорта Мейер, отличающегося понижением устойчивостью, уровень активирования общего дыхания значительно ниже, чем у отличающегося высокой лежкостью Новогрузинского. В среднем, по данным наших определений, усиление поглощения кислорода у сорта Мейер выразилось цифрой $+112 \text{ мл/г} \cdot \text{час}$, тогда как у Новогрузинского $+199 \text{ мл/г} \cdot \text{час}$.

Таким образом, период созревания плодов сопровождается существенными нарушениями в обычном ходе реакции окислительной системы кожуры лимона на поранение и аэрацию. Весьма вероятно, что эти нарушения являются результатом коренной перестройки в окислительной системе, отмечавшейся нами у плодов различных видов цитрусовых.

Предыдущие работы лаборатории показывают (3), что для характеристики устойчивости плодов имеет важное значение свойственная их окислительным системам реакция на токсические выделения микроорганизмов. Представлялось необходимым выяснить, какова реакция на токсин отдельных групп оксидаз и изменяется ли эта реакция в процессе развития и последующего хранения плодов.

Изучение этого вопроса осуществлялось следующим образом: средние пробы кожуры лимона инфильтрировались токсином, полученным из вирулентной культуры гриба *Penicillium italicum*; контрольные пробы инфильтрировались водой. Половина тех и других проб инфильтрировалась дополнительно $0,01 M$ раствором KСN. Интенсивность дыхания проб определялась через 3 и 24 часа после инфильтрации.

Результаты опытов представлены на рис. 2. Из кривых рис. 2 видно, что под воздействием токсина возникают существенные изменения в относительной активности отдельных групп окислительных ферментов.

У лимона сорта Новогрузинский на протяжении большей части периода роста плодов, а также во второй половине периода хранения инфильтрация токсина приводит к активированию остаточного дыхания и соответственному уменьшению роли оксидаз, содержащих тяжелые металлы.

Исключением из этого правила опять-таки оказывается период созревания плодов, когда под воздействием токсина остаточное дыхание подавляется, дыхание же, катализируемое Fe, Cu-протеидами, несколько активируется.

У лимона сорта Мейер влияние токсина на дыхание кожуры носит иной характер. Здесь не возникают сколько-нибудь значительные изменения в соотношении активности отдельных групп оксидаз, а отмечавшиеся небольшие колебания не подчиняются той правильности, которая характерна для лимона Новогрузинский. Если взять среднее за весь изучавшийся период, то разность в поглощении кислорода между пробами, инфильтрированными токсином, и контрольными выражается следующими цифрами (см. табл. 1) (в $\mu\text{l}/\text{г} \cdot \text{час}$).

Цифры показывают, что в среднем токсин *P. italicum* вызывает у лимона Новогрузинский активирование остаточного дыхания и подавление дыхания, неустойчивого к циану. У лимона сорта Мейер, отличающегося пониженной лежкостью, под влиянием токсина имеет место угнетение остаточного дыхания и некоторое активирование дыхания, подавляемого цианом.

Не исключено, что различия в реакции окислительных систем на воздействие токсина являются одной из причин различной устойчивости этих сортов к возбудителю голубой плесени. Вполне возможно, что в тканях, у которых в результате инфекции преимущественная роль активирования кислорода не передается более устойчивой группе оксидаз, дезорганизующее вмешательство паразита в обмен не встречает достаточно серьезного противодействия. Вследствие этого такого рода ткани и становятся более легкой добычей микроорганизмов. Детальное изучение этого вопроса нами осуществляется в настоящее время.

Полученные нами материалы показывают таким образом, что в процессе созревания лимона происходят весьма существенные изменения в характере реагирования различных групп дыхания на аэрацию, разрезание, а также на физиологическое раздражение, вызванное токсином.

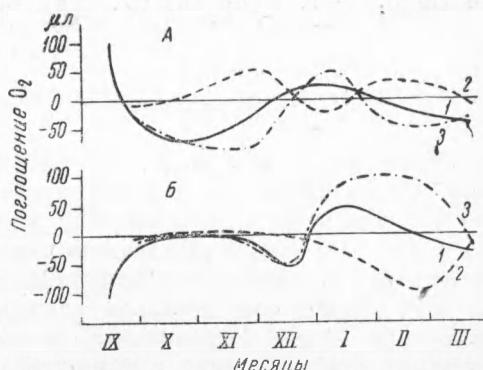


Рис. 2. Влияние токсина *Penicillium italicum* на дыхание кожуры лимона (разность между дыханием проб, инфильтрированных токсином, через 24 часа после введения токсина и дыханием контрольных проб). А — лимон Новогрузинский, Б — лимон Мейер. 1 — общее дыхание, 2 — остаточное дыхание, 3 — дыхание, подавляемое 0,01 М KCN

Таблица 1

| Время, прошедшее после инфильтрации токсина, в часах | Сорт Новогрузинский | | Сорт Мейер | |
|--|---------------------|--------------------------|--------------------|--------------------------|
| | остаточное дыхание | дыхание, подавляемое KCN | остаточное дыхание | дыхание, подавляемое KCN |
| 3 | + 2,3 | -28,4 | -22,7 | +2,2 |
| 24 | +13,3 | -43,0 | -22,0 | +9,9 |
| В среднем . . . | + 7,8 | -35,7 | -22,3 | +6,0 |

Отсюда видно, что представления зарубежных исследователей о так называемом климактерическом усилении дыхания во время созревания плодов (4) не раскрывают всей сложности процессов, которые в этот период в действительности имеют место.

Поступило
16 I 1950

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ Е. Арциховская и Б. Рубин, ДАН, 64, № 2 (1949). ² Б. Рубин, Е. Арциховская и Т. Иванова, ДАН, 67, № 6 (1949). ³ Б. Рубин, Е. Арциховская и Т. Иванова, ДАН, 59, № 8 (1948); 60, № 3 (1948); 60, № 6 (1948). ⁴ F. Kidd and C. West, Dept. Sci. Industr. Res. Lond. Rep. Food Invest., 40 (1925—1926); Ann. Bot., 4, No. 13 (1940).